Journal of Iranian Plant Protection Research
https://jpp.um.ac.ir

Research Article
Vol. 38, No. 3, 2024, p. 275-291

Investigating the Effect of Phosphorus Fertilizer Levels and Density of Wild Mustard (*Sinapis arvensis* L.) on Morphophysiological Traits of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.)

M. Khosravi[1] , M. Jami Al-Ahmadi[2*], S.V. Eslami[3], M. H. Sayari-Zohan[3]

1, 2 and 3- Department of Plant Production and Genetics, College of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran.
(*- Corresponding Author Email: mjamialahmadi@birjand.ac.ir)

Received: 24-10-2023 Revised: 26-04-2024 Accepted: 11-06-2024 Available Online: 28-12-2024	**How to cite this article:** Khosravi, M., Jami Al-Ahmadi, M., Eslami, S. V., & Sayari-Zohan, M. H. (2024). Investigating the effect of phosphorus fertilizer levels and density of wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) on morphophysiological traits of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Journal of Iranian Plant Protection Research, 38*(3), 275-291. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jpp.2024.84836.1162

Introduction

Oilseeds are very important as the raw material for the production of vegetable oil (one of the basic needs of the society in the food field). Therefore, achieving any success in increasing the amount of production and supplying as many of these products as possible to meet the domestic needs of the country is considered a valuable and great success. Safflower, with the scientific name *Carthamus tinctorius* L., is an annual long-day plant from the chicory family. Wild mustard (*Sinapis arvensis* L.), which is also called *Brassica kaber* in some literatures, is one of the most important weeds belonging to the Brassicaceae family. Competition can perhaps be considered the most important biological interference factor effective in determining crops productivity.Effective management of weeds in agricultural systems is very decisive. Extensive and repeated use of herbicides has led to the emergence of resistant weed biotypes, which has often increased the cost of control. It has also caused some concerns about the negative environmental effects of herbicides. When the competition is for light, the competitive ability of the species is first determined by the morphological traits. The response of crop height to weed competition is related to the density and intensity of competition and the type of weeds and can be positive or negative.

Materials and Methods

An split plots experiment based on randomized complete block design with three replication was carried out in the Research Farm of University of Birjand during the 2018-2019 cropping year. The treatments include four level of phosphorus fertilizer (0, 25, 50 and 75 kg P_2O_5 ha^{-1}) as the main plot and the four wild mustard densities (0, 7, 14 and 28 pl m^{-2}) as subplots. Plant growth characteristics were measured from 150 to 210 days after planting (DAP) in five stages at 15-day intervals. Also, at the harvest maturity, the yield and yield components of the crop were determined.

Results and Discussion

According to the results, the highest (35.48 g m^{-2}) and lowest (28.23 g m^{-2}) safflower leaf dry weights were obtained from control (no-mustard) and 28 pl m^{-2} mustard densities at 165 DAP, respectively. The highest (1.67) and lowest (1.19) leaf area index of safflower were achieved at 210 DAP using 25 and 50 kg P_2O_5 ha^{-1}, respectively. Based on these results, it can be concluded that the most effective level of phosphorus on the

https://doi.org/10.22067/jpp.2024.84836.1162

improvement of safflower growth traits (e.g. leaf area and dry weight and stem dry weight) and its competitive ability was 25 kg P2O5 ha^{-1}, although the its effects were not significant for many traits, and as phosphorus levels increased, the competition shifted more in favor of wild mustard. In accordance with these results, and probably due to luxury consumption by weeds, it has been observed that when weed density is high, adding fertilizer leads to superiority of weed growth over crop (Blackshaw *et al*., 2008). Also, the highest leaf area index of mustard (0.63) was obtained at a density of 56 mustard pl m^{-2} at 165 DAP and the lowest one of (0.26) was observed at a density of 14 pl m^{-2} at the same time. It was also observed that the height and leaf area index of wild mustard were the highest in all measuring stages at higher weed densities, indicating the competitiveness of the weed. The increase in weed density had a negative impact on the safflower, although insignificant in many cases, which could be the result of the competitive effect of mustard for resources such as radiation and nutrients (Wright *et al*., 1999).

Conclusion

In general, the increase in weed density had a positive effect on the yield and its components in wild mustard and a negative effect on the safflower, and under these condition, the application of more than 25 kg P_2O_5 ha^{-1} does not have a positive effect on the crop. Thus, it seems that the revision in weed management and the use of fertilizer as an agronomic strategy can be effective in reducing the crop losses caused by the presence of high densities of weeds (Clements *et al*., 2014).

Keywords: distribution, growth analysis, height, weed density, weed competition

نشریه پژوهش‌های حفاظت گیاهان ایران
https://jpp.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۸، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۳، ص. ۲۹۱-۲۷۵

بررسی اثر سطوح کود فسفر و تراکم خردل وحشی (*Sinapis arvensis* L.) بر صفات مورفوفیزیولوژیک گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.)

مجتبی خسروی[۱]- مجید جامی الاحمدی[۲*]- سید وحید اسلامی[۳]- محمد حسن سیاری زهان[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۲۲

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر تراکم علف‌هرز و میزان کود فسفر بر ویژگی‌های رشدی و نحوه تخصیص ماده خشک در گیاه زراعی گلرنگ و علف‌هرز خردل وحشی، آزمایشی بصورت کرت‌های خرد شده درقالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه بیرجند در سال زراعی ۹۹-۹۸ اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل سطوح کود فسفر (چهار سطح صفر، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگرم فسفر خالص در هکتار) به‌عنوان عامل اصلی و تراکم خردل وحشی (چهار سطح صفر، ۱۴، ۲۸ و ۵۶ بوته در متر مربع) به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. نتایج مقایسات میانگین نشان داد بیشترین میزان وزن خشک برگ گلرنگ با ۳۵/۴۸ گرم در متر مربع در ۱۶۵ روز بعد از سبز شدن در تیمار شاهد (عدم وجود خردل وحشی) بدست آمد و کمترین میزان وزن خشک برگ نیز با ۲۸/۲۳ گرم از تیمار تراکم ۲۸ بوته خردل وحشی حاصل گردید. بیشترین مقدار شاخص سطح برگ کل گیاه گلرنگ معادل ۱/۶۷ در ۲۱۰ روز پس از سبز شدن از تیمار ۲۵ کیلوگرم در هکتار مصرف فسفر حاصل گردید و کمترین میزان این شاخص نیز برابر با ۱/۱۹ از تیمار ۵۰ کیلوگرم مصرف فسفر به‌دست آمد. همچنین بیشترین شاخص سطح برگ بوته خردل وحشی در ۱۶۵ روز بعد از کشت (۰/۶۳) در تراکم ۵۶ بوته خردل وحشی در متر مربع بوده و کمترین میزان این شاخص در این مرحله (۰/۲۶) از تراکم ۱۴ بوته حاصل شده است. به‌صورت کلی مشاهده شد که ارتفاع گیاه و شاخص سطح برگ در گیاه خردل وحشی در شرایط تراکم بالاتر در همه‌ی مراحل رشد بیشترین مقدار بوده که نشان دهنده‌ی رقابت‌پذیری علف‌هرز می‌باشد. هرچه تراکم علف‌هرز بالاتر رفته ارتفاع گیاه زراعی بیشتر شده است، اما این افزایش تراکم علف‌هرز منجر به کاهش شاخص سطح برگ گیاه زراعی گردیده است.

واژه‌های کلیدی: آنالیز رشد، ارتفاع، تراکم علف هرز، تسهیم، رقابت علف هرز

۱، ۲ و ۳- گروه ژنتیک و تولید گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: mjamialahmadi@birjand.ac.ir)

https://doi.org/10.22067/jpp.2024.84836.1162

مقدمه

گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) یک گیاه دانه روغنی مهم بومی مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان است که قرن‌هاست در سرتاسر جهان کشت می‌شود. گلرنگ گیاهی یک ساله متعلق به خانواده کاسنی (Asteraceae) است که تحمل و سازگاری نسبتاً بالایی به محیط‌هایی با بارندگی محدود دارد (Nogales-Delgado *et al*., 2019).

دانه‌های روغنی به‌عنوان ماده اولیه تولید روغن نباتی برای تغذیه انسان از اهمیت بسیار بالایی برخوردار هستند و علاوه بر آن به‌طور گسترده به‌منظور تولید غذای دام و طیور، تولید رنگ در صنایع رنگرزی و همچنین دارو برای درمان برخی بیماری‌ها کشت می‌شوند (Sarhady Nasab *et al*., 2017). گلرنگ یک گیاه مقاوم به خشکی و شوری است که مقاومت به خشکی آن ناشی از وجود ریشه توسعه یافته و مقامت به شوری آن نیز به سبب مکانیسم‌های مولکولی خاص ساختمان گیاه می‌باشد. این گیاه همچنین به سرما و گرما مقاوم است و در مناطق دارای نوسان دمایی می‌تواند کشت گردد. بنابراین با توجه به توقع کم و مقاومت به شرایط مختلف محیطی، توسعه کاشت آن در استان‌های کم آب و دارای خاک شور می‌تواند نقش مهمی در تأمین نیازها و نهایتاً خودکفایی در این زمینه ایفا کند (Sarhadi Nasab *et al*., 2017). روغن استخراج شده از دانه گلرنگ بسیار با کیفیت بوده و به‌عنوان یکی از مطلوب‌ترین روغن‌ها به حساب می‌آید (Nazir *et al*., 2021).

یکی از عوامل کاهش عملکرد، رقابت علف‌های هرز با گیاهان زراعی می‌باشد که سالیانه خسارات فراوانی وارد می‌کند. خردل وحشی (*Sinapis arvensis* L.) گیاهی یک ساله و از خانواده شب بو (Brassicaceae) است که توسط بذر تکثیر می‌شود و در بین علف های هرز پهن برگ مشکل ساز در رتبه سوم قرار دارد. این گیاه یکی از متداول‌ترین و شایع‌ترین علف‌های هرز غالب در مزارع می‌باشد که سبب کاهش عملکرد و افزایش هزینه‌های تولید در محصولات زراعی می‌گردد (Pawar, 2009). خردل وحشی تاکنون به‌عنوان علف‌هرز بیش از ۳۰ محصول زراعی در ۵۲ کشور جهان معرفی شده است (Zand *et al*., 2003). جوانه‌زنی سریع در پاییز و در دمای پایین و رشد سریع آن در ابتدای بهار باعث افزایش توان رقابتی این علف هرز با گیاهان زراعی مختلف می‌گردد. در اکثر مناطق دنیا، پایداری بانک بذر، قدرت رقابتی بالا، زادآوری زیاد و مقاومت به علف‌کش‌ها از مهمترین مشکلات کنترل خردل وحشی به شمار می‌رود (Motaghi *et al*., 2016). خردل وحشی حداکثر سطح برگ خود را بسیار زودتر از گونه‌های زراعی تشکیل داده و دارای قدرت رقابتی بالایی در کسب نور است که از این طریق خسارت‌های جبران‌ناپذیری وارد می‌سازد (Minbashi Moeini *et al*., 2008). به‌دلیل سرعت بالای خردل وحشی در رسیدن به حداکثر سطح برگ، از قدرت رقابت بالاتری برای کسب نور برخوردار بوده و از این طریق خسارت‌های جبران ناپذیری بر گونه‌های زراعی وارد می‌کند (Warwick *et al*., 2000).

افزایش توان رقابتی گیاهان زراعی با استفاده از مدیریت حاصلخیزی خاک یکی از مباحث مهم در مدیریت علف‌های هرز محسوب می‌شود، چرا که رقابت بر سر منابع محدود عناصر غذایی از مهمترین خسارت‌های علف‌های هرز است (Heydarian Ardakani *et al*., 2010). فسفر دومین ماده مغذی دارای کمبود بعد از نیتروژن از نظر بهره‌وری گیاه در خاک‌ها است. فسفر به‌عنوان یک عنصر مورد نیاز در ساخت فسفولیپید، اسید نوکلئیک، ATP و به‌عنوان یک تنظیم کننده واکنش‌های آنزیمی و فرآیند انتقال سیگنال دارای اهمیت بالایی است. اثر مثبت کودهای حاوی فسفر بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ (تعداد دانه بارور در متر مربع، وزن هزاردانه و ارتفاع بوته) به‌دلیل نقش مستقیم این عنصر در فرآیندهای سوخت و ساز گیاه، تقسیم و رشد سلول، انتقال انرژی، ساخت مواد آلی، تنفس و فتوسنتز است. هرگاه گیاه بتواند مقدار بیشتری از تابش خورشیدی را جذب نماید، می‌تواند با مقدار بیشتری از ذخایر فتوسنتزی در مرحله رشد رویشی، وارد مرحله زایشی شود. در نتیجه، علاوه بر تولید محصول بیشتر، قادر خواهد بود که مقدار بیشتری از ترکیبات آلی فتوسنتزی را به دانه منتقل نماید و از این طریق باعث افزایش عملکرد دانه شود. از طرفی، تأمین بهینه فسفر در هنگام گلدهی باعث افزایش گرده‌افشانی در گیاه می‌شود، چرا که فسفر نقش مهمی در گرده‌افشانی گیاهان دارد. از این رو به نظر می‌رسد فسفر از راه افزایش اجزای عملکرد، می‌تواند موجب بهبود عملکرد دانه گردد (Ahmadpour Abnavi *et al*., 2019).

زمانی که گیاه زراعی آفتابگردان در جذب منابع بهتر از تاج خروس باشد، ارتفاع ساقه، تعداد برگ‌ها و سطح برگ بیشتری خواهد داشت، که در نهایت نور بیشتری را جذب نموده و به دنبال آن فتوسنتز بیشتر و با سرعت بالاتری انجام خواهد شد (Heydarian Ardakani, 2009). در نتیجه، منبع قوی می‌تواند مخزن که همان دانه‌ها هستند را به نحو مؤثرتری پر کرده و به تبع آن وزن دانه و متعاقباً عملکرد را افزایش داده و نهایتاً منجر به افزایش عملکرد روغن گردد. استفاده از عناصر غذایی برای کاهش اثرگذاری رقابت علف‌های هرز با گیاه زراعی نیز در بررسی‌های مختلف مدنظر بوده است. به عبارت دیگر، تقویت گیاه زراعی از طریق عناصر مغذی درحد مناسب، باعث ایجاد اندام‌ها و بافت های مطلوب گیاهی شده و توان رقابتی آن را در استفاده از امکانات محیطی مانند آب و نور فراهم می‌کند و برتری خود را نسبت به علف‌های هرز نشان می‌دهد (Fayaznia *et*

al., 2014). در تحقیقی با موضوع کاربرد کود حاوی فسفر برای دو رقم گلرنگ کشت شده در منطقه معتدل سرد کرمانشاه نشان داده شد که کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار سوپرفسفات تریپل در رقم گلدشت، موجب افزایش ۱۰ درصدی عملکرد دانه گلرنگ نسبت به تیمار شاهد (بدون مصرف فسفر) گردیده است. در رقم پدیده این مقدار افزایش به ۱۶۶ درصد رسید (Khodamoradi *et al*., 2014).

تراکم علف‌هرز نیز یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر رقابت علف‌های هرز با گیاهان زراعی است که بخشی از افت عملکرد گیاهان زراعی را باعث می‌شود (BlackShaw, 2001). افزایش تراکم، به‌دلیل تشدید تداخل علف هرز با گیاه زراعی، موجب رقابت برای نور و در نتیجه کاهش سهم نور مؤثر در فتوسنتز گیاه مغلوب شده و سایر عوامل رشد را تحت تأثیر قرار می‌دهد. کاهش شاخص سطح برگ گیاه زراعی در کشت با علف هرز، یکی از مهم‌ترین طرق تأثیرگذاری رقابت علف‌های هرز است. شاخص سطح برگ بیانگر توانایی کانوپی گیاه درجذب نور ورودی و تولید ماده خشک است. هر عاملی که باعث کاهش این شاخص گردد گیاه را تحت تأثیر قرار می دهد (Foroughi *et al*., 2014). در تحقیقی افزایش تراکم خردل وحشی منجر به کاهش معنی‌داری در شاخص سطح برگ گندم شد، به طوری‌که در انتهای مرحله ساقه‌دهی در تراکم‌های ۸، ۱۶ و ۳۲ بوته در متر مربع خردل وحشی، شاخص سطح برگ گندم نسبت به شاهد به‌ترتیب ۱۶، ۲۳ و ۲۷ درصد کاهش یافت. این مسئله همچنین باعث افزایش شاخص سطح برگ خردل وحشی شد (Rastgoo, 2000).

با عنایت به مطالب ذکر شده فوق هدف تحقیق حاضر، بررسی اثر سطوح کود فسفر و تراکم‌های مختلف علف‌هرز خردل وحشی بر صفات مورفوفیزیولوژیک گیاه زراعی گلرنگ تحت تأثیر رقابت بین گونه‌ای در دو گیاه در منطقه بیرجند بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق طی دو مرحله در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند با عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۵۶ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۱۳ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۴۸۰ متر از سطح دریا انجام شد.

در مرحله اول، طی تابستان سال ۱۳۹۸ در زمین مورد نظر پیش از انجام مرحله اصلی آزمایش، گیاه زراعی جو (*Hordeum vulgare*) که دارای برداشت بالای عناصر غذایی است، با تراکم بالا (چهار برابر تراکم نرمال) و بدون مصرف هیچ نوع کودی کشت شد، تا ضمن رفع عدم یکنواختی احتمالی عناصر غذایی در خاک قطعه آزمایشی، از میزان عناصر غذایی موجود در زمین و علی‌الخصوص فسفر کاسته شده و میزان این عناصر به حداقل ممکن برسد. قبل از کاشت جو، نمونه‌برداری از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک محل آزمایش برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و میزان عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن و روی انجام گردید که نتایج آن در جدول ۱ مشاهده می‌شود.

جدول ۱- میزان عناصر موجود در خاک قبل کشت و بعد از برداشت گیاه پیش کاشتی جو

Table 1- The amount of elements in the soil before and after the cultivation of sour barley pre-planting

Sampling time	Element				
	N	P	K	Fe	Zn
	---------- mg kg^{-1} ----------				
Before planting	195	5.3	207	10.91	2.31
After Harvest	190	2.7	40.5	2.798	0.49

در مرحله دوم به‌منظور ارزیابی رقابت گلرنگ و خردل وحشی در سطوح مختلف فسفر و تراکم‌های مختلف علف‌هرز، در پاییز ۱۳۹۸ آزمایشی بصورت کرت‌های خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل سطوح مختلف کود فسفر (صفر، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگرم فسفر خالص در هکتار) به‌عنوان عامل اصلی و تراکم خردل وحشی در چهار سطح (صفر، ۱۴، ۲۸ و ۵۶ بوته در متر مربع) به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. ابتدا محصول قبلی (جو) در تاریخ ۱۰ شهریور برداشت و کل بیومس تولیدی از مزرعه خارج شد و به‌دنبال آن در پاییز و قبل از کاشت گلرنگ، مجدداً نمونه‌برداری از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک محل آزمایش برای تعیین میزان عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن و روی انجام شد (جدول ۱). برای آماده‌سازی زمین پس از شخم، کلوخه‌ها توسط دیسک نرم شده و در نهایت زمین تسطیح گردید. کوددهی به خاک براساس آزمون خاک برای نیتروژن (کود اوره ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار در سه مرحله به تفکیک همزمان با کشت و سپس به‌صورت سرک در شروع رشد سریع و شروع گلدهی)، پتاس (سولفات پتاسیم ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار همزمان با کشت) و تیمارهای کود فسفر (پس از تسطیح زمین همزمان با کشت) صورت گرفت. روش آبیاری به‌صورت ردیفی (جوی و پشته) و براساس نیاز آبی گیاه انجام شد. در هر کرت ۶ ردیف به طول ۵ متر با فاصله

ردیف‌های ۵۰ سانتی‌متر وجود داشت. فاصله بین کرت‌های اصلی چهار ردیف معادل ۲ متر، فاصله بین کرت‌های فرعی از یکدیگر یک ردیف معادل ۰/۵ متر و فاصله بین تکرارها ۲ متر بود. رقم گلرنگ مورد استفاده دراین آزمایش، رقم پدیده بود و تراکم آن ۴۰۰,۰۰۰ بوته در هکتار درنظر گرفته شد (Bonyadi *et al.*, 2018). کاشت علف هرز خردل وحشی بطور همزمان با گلرنگ در زمین اصلی انجام گردید، به این صورت که بذور گلرنگ و خردل وحشی با تراکم‌های تعیین شده در طرفین هر پشته در تاریخ ۱۱ آذر ماه کشت شدند.

اولین نمونه‌برداری هشتم اردیبهشت ماه انجام شد و سپس به فاصله هر ۱۵ روز یک بار تا ۵ مرحله نمونه‌برداری ادامه یافت. در هر نمونه‌برداری از هر کرت فرعی با رعایت اثر حاشیه، تعداد ۳ بوته گیاه زراعی و ۳ بوته علف هرز کف برشده و در پاکت‌هایی مجزا به آزمایشگاه منتقل شده و پس از اندازه‌گیری سطح برگ، نسبت به اندازه‌گیری وزن خشک (برگ و کل گیاه) اقدام شد. بدین صورت‌که به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد در آون خشک شده و با ترازوی با دقت اندازه‌گیری ۰/۰۱ توزین گردید. برای اندازه‌گیری سطح برگ درکانوپی گیاه زراعی و علف هرز، پس از تعیین ارتفاع ساقه این گیاهان، سطح برگ با استفاده از دستگاه تعیین سطح برگ (Leaf area meter) مدل CI 202 کمپانی CID اندازه‌گیری شد. در آخر فصل، بوته‌های موجود در سطحی معادل ۴ متر مربع در مرکز هر کرت برداشت و عملکرد دانه تعیین شد. اجزای عملکرد گیاه گلرنگ شامل تعداد و وزن طبق، وزن بذر در طبق، عملکرد بذر و اجزای عملکرد خردل وحشی شامل وزن تک بوته، وزن بذر در متر مربع، وزن غلاف در متر مربع، تعداد غلاف در بوته، وزن تک غلاف، وزن غلاف در بوته، وزن بذر در بوته در انتهای فصل بر روی ۱۰ بوته شمارش و اندازه‌گیری شد. محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS (9.3) و رسم نمودارها توسط نرم‌افزار Excel انجام شد. میانگین صفات مورد مطالعه نیز با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفت.

نتایج و بحث

وزن خشک برگ گلرنگ

نتایج آنالیز داده‌ها نشان داد که اثر فسفر در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک نمونه‌برداری (۲۱۰ روز پس از سبز شدن) و اثر تراکم در ۱۵۰ و ۱۶۵ روز پس از سبز شدن بر وزن خشک برگ گیاه گلرنگ در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲).

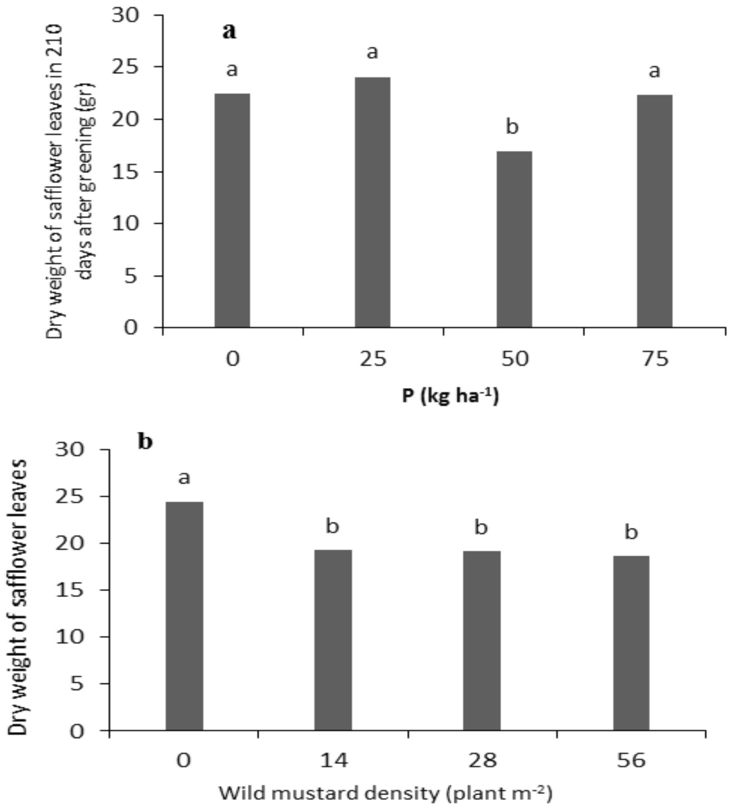
جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس سطوح مختلف فسفر و تراکم خردل وحشی بر وزن خشک برگ گلرنگ

Table 2– ANOVA results for different levels of phosphorus and wild mustard density on dry weight of safflower leaves

S.O.V	df	Days after emergence				
		150	165	180	195	210
Replication (R)	2	108 ns	137 ns	14.15ns	87.45 ns	30.47 ns
Phosphorus	3	17.91 ns	10.34 ns	186 ns	43.11 ns	117**
Main plot error	6	33.26 ns	122 ns	76.70ns	25.35 ns	5.30 ns
Density	3	90.62**	133**	110 ns	71.75 ns	40.80 ns
P×D	9	13.66 ns	78.96 ns	172 ns	52.07 ns	37.31
Subplot error	24	17.69 ns	32.25 ns	85.92ns	29.94 ns	28.36 ns
c.v (%)		20.65 ns	18.58 ns	23.53ns	18.14 ns	24.84 ns

* and ** and ns are respectively significant at the probability level of five and one percent and non-significant.

بیشترین میزان وزن خشک برگ در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک نمونه‌برداری یعنی ۲۱۰ روز پس از سبز شدن (۲۴/۰۶ گرم در متر مربع) از تیمار مصرف ۲۵ کیلوگرم فسفر در هکتار به‌دست آمد. البته این تیمار با تیمارهای ۷۵ و شاهد (صفر کیلوگرم) در یک گروه آماری قرار گرفت و تفاوت معنی‌داری بین تیمار ۷۵ کیلوگرم فسفر، تیمار شاهد (صفر کیلوگرم فسفر) و تیمار ۲۵ کیلوگرم فسفر مشاهده نشد. کمترین وزن خشک برگ (۱۶/۹ گرم در متر مربع) از تیمار مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار حاصل گردید (شکل ۱- الف). مقایسه میانگین ها نشان داد که بیشترین میزان وزن خشک برگ گلرنگ (۲۴/۴۶ گرم) از تیمار شاهد حاصل گردید و کمترین میزان این شاخص (۱۸/۵۹ گرم) نیز از تیمار تراکم ۵۶ بوته خردل وحشی در متر مربع به‌دست آمد. می‌توان گفت که افزایش تراکم خردل وحشی موجب کاهش وزن خشک برگ گلرنگ شد (شکل ۱-ب). کاهش وزن ماده خشک در بالاترین سطح فسفر می‌تواند به‌دلیل کاهش توانایی فیزیولوژیکی متابولیسمی فسفر با افزایش غلظت این عنصر در گیاه یا تأثیر برهمکنش منفی فسفر بر جذب سایر عناصر باشد (Sofy *et al.*, 2020).



شکل ۱- اثر فسفر (الف) و تراکم خردل وحشی (ب) بر وزن خشک برگ گلرنگ

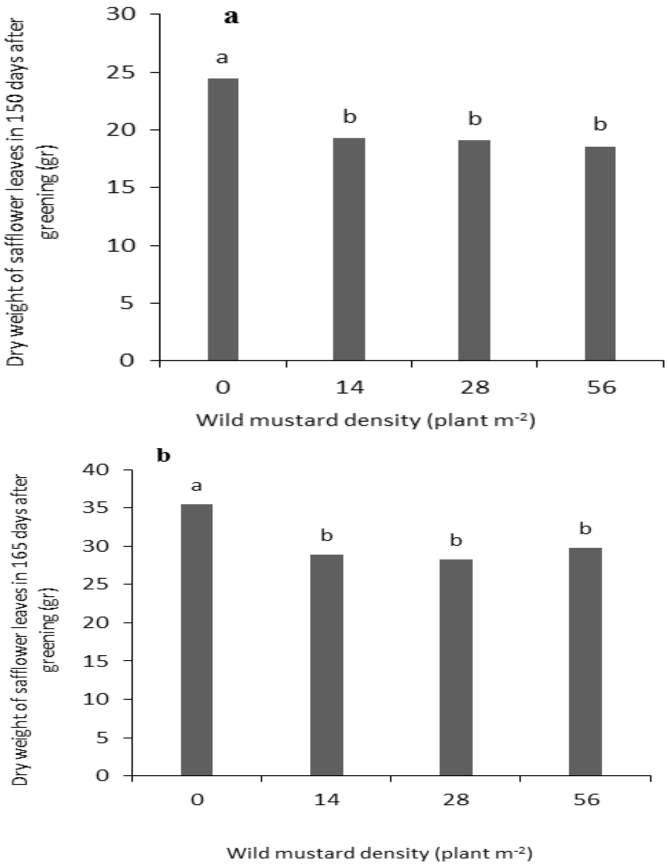
میانگین‌های با حروف مشابه تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر مبنای آزمون LSD ندارند.

Figure 1- The effect of phosphorus (a) and wild mustard densities (b) on the leaf dry weight of safflower

Similar letters above columns indicate a non-significant difference at the 5% probability level based on the LSD test.

با توجه به مقایسه بین میانگین‌ها در می‌یابیم افزایش تراکم خردل وحشی در تمام سطوح موجب کاهش وزن خشک برگ گلرنگ در ۱۵۰ و ۱۶۵ روز پس از سبز شدن شد. به‌طوری‌که بیشترین وزن خشک برگ گلرنگ به میزان ۳۵/۴۸ گرم مربوط به تراکم صفر خردل وحشی در ۱۶۵ روز پس از سبز شدن و کمترین میزان این شاخص (۱۸/۵۹ گرم) نیز از تیمار تراکم ۵۶ بوته خردل وحشی در ۱۵۰ روز بعد از سبز شدن بدست به‌دست آمد (شکل ۲).

مطالعات زیادی گویای آن است که در اثر افزایش تراکم علف های هرز، وزن خشک تولیدی گیاه زراعی کاهش می‌یابد. در تحقیقی گزارش شد که حضور ۱۰ بوته خردل وحشی در هر متر مربع مزارع کلزا، علاوه بر کاهش عملکرد کمی، سبب حضور ۵ درصدی بذرهای خردل وحشی در محصول دانه کلزای برداشت شده گردیده است (MacMullan, 1994). بالاتر بودن مقدار تجمع ماده خشک و محل قرارگیری برگ باعث افزایش دسترسی گیاه به نور و نهایتاً افزایش قدرت رقابتی گیاهان می‌شود. تاتوره درصد بیشتری از ماده خشک خود را به بالاترین ارتفاع انتقال داد که این میزان ماده خشک به‌دلیل تشکیل برگ بود، اما تاج خروس در رقابت، سطح برگ خود را در لایه‌های مختلف سایه‌انداز توزیع نمود. این نوع راهبردهای گیاهان جهت دریافت نور را صفاهانی و همکاران (Safahani *et al.*, 2009) نیز در رقابت خردل وحشی در کلزا گزارش کردند. نتایج آنالیز واریانس داده‌ها نشان داد که هیچ کدام از تیمارهای این آزمایش در هیچ مرحله‌ای روی وزن خشک برگ گیاه خردل وحشی معنی‌دار نشد.



شکل ۲- اثر تراکم خردل وحشی بر وزن خشک برگ گلرنگ در ۱۵۰ روز پس از سبز شدن (شکل الف) و ۱۶۵ روز پس از سبز شدن (شکل ب)

میانگین‌های با حروف مشابه تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر مبنای آزمون LSD ندارند.

Figure 2- The effect of wild mustard density on the dry weight of safflower leaves in 150(A) and 165(B) days after greening

Similar letters above columns indicate a non-significant difference at the 5% probability level based on the LSD test.

شاخص سطح برگ گیاه گلرنگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر فسفر در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک (۲۱۰ روز پس از سبز شدن) در سطح پنج درصد و اثر تراکم خردل وحشی در ۱۶۵ روز پس از سبز شدن در سطح یک درصد بر شاخص سطح برگ گلرنگ معنی‌دار شد (جدول ۳).

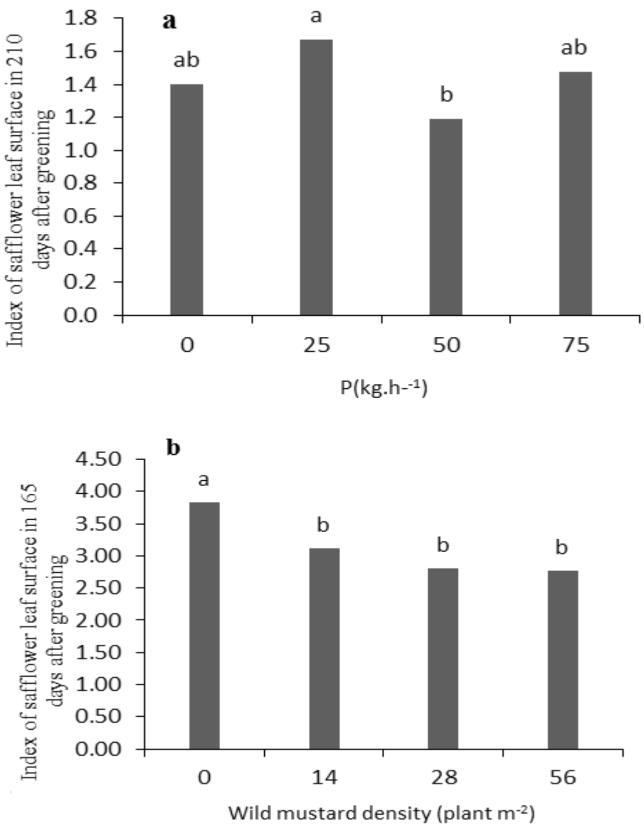
جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس سطوح مختلف فسفر و تراکم خردل وحشی بر شاخص سطح برگ بوته گلرنگ

Table 3- ANOVA results for different levels of phosphorus and mustard density on the leaf area index of safflower plant

S.O.V	df	Days after emergence				
		150	165	180	195	210
Replication (R)	2	11.40 ns	1.47 ns	3.36 ns	0.43 ns	15.02 ns
Phosphorus	3	0.10 ns	0.64 ns	2.72 ns	0.39 ns	0.47*
Main plot error	6	0.90 ns	3.60 ns	0.77 ns	0.32 ns	0.09 ns
Density	3	0.33 ns	2.97**	1.40 ns	0.60 ns	0.24 ns
P×D	9	0.16 ns	0.55 ns	2.38 ns	0.51 ns	0.55 ns
The second error	24	0.13 ns	0.24 ns	1.39 ns	0.33 ns	0.40 ns
c.v (%)		20.50 ns	15.66 ns	19.03 ns	23.38 ns	14.05 ns

* and ** and ns are respectively significant at the probability level of five and one percent and non-significant.

بیشترین میزان شاخص سطح برگ گیاه گلرنگ در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک یعنی ۲۱۰ روز پس از سبز شدن ۱/۶۷ از تیمار ۲۵ کیلوگرم در هکتار مصرف فسفر حاصل گردید و کمترین میزان این شاخص ۱/۱۹ از تیمار ۵۰ کیلوگرم مصرف فسفر به‌دست آمد (شکل ۳). عموماً روند رشد سطح برگ گیاهان طی فصل رشد به صورت غیرخطی می‌باشد، به‌طوری‌که در مرحله گلدهی به حداکثر خود می‌رسد و سپس با از بین رفتن برگ‌های پیر کاهش می‌یابد. این مرحله زمانی است که تولید برگ‌های جدید کفاف سطح برگ از بین رفته را نمی‌دهد (Beckie *et al.*, 2008). در مطالعه‌ای بر روی گیاهان زراعی دانه‌ای، مشخص گردید پیر شدن برگ‌ها عمدتاً تحت تأثیر رشد دانه‌ها و انتقال مجدد نیتروژن از برگ‌ها قرار دارد.



شکل ۳- الف) اثر فسفر بر شاخص سطح برگ گلرنگ در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک ۲۱۰ روز پس از سبز شدن. ب) اثر تراکم خردل وحشی برشاخص سطح برگ گلرنگ در ١٦٥ روز پس از سبز شدن

میانگین‌های با حروف مشابه تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر مبنای آزمون LSD ندارند.

Figure 3- A: The effect of phosphorus on safflower leaf surface index in the physiological stage 210 days after greening due to the effect of wild mustard concentration on safflower leaf surface at 165 days after greening

Similar letters above columns indicate a non-significant difference at the 5% probability level based on the LSD test.

مقایسه بین میانگین‌ها نشان داد که تحت تأثیر تیمار تراکم علف هرز خردل وحشی، بیشترین میزان شاخص سطح برگ گلرنگ در ۱۶۵ روز بعد از سبز شدن با ۳/۸۳ از تیمار شاهد به‌دست آمد که نسبت به سایر سطوح دارای تفاوت معنی دار بود؛ همچنین کمترین میزان این شاخص با ۲/۷۶ از تراکم ۵۶ بوته خردل وحشی حاصل گردید که تفاوت معنی‌داری با سایر سطوح تراکم نداشت (شکل ۳). نتایج تحقیقی نشان داد زمانی که گیاه در معرض افزایش تراکم بیش از حد مطلوب قرار می‌گیرد، توسعه سطح برگ کاهش می‌یابد (Blackshaw *et al.*, 2004). از طرفی در این شرایط سرعت گسترش سطح برگ کمتر از سرعت زوال آن‌ها است و مقدار مواد ذخیره کربوهیدرات گیاه به نسبت سطح برگ کاهش ولی مقدار کربوهیدرات مورد نیاز برای ادامه رشد گیاه افزایش می‌یابد. بنابراین در شرایط تراکم بیش از حد مطلوب به علت رقابت شدید بین بوته‌ای، گیاه قادر نخواهد بود کربوهیدرات مورد نیاز برای ادامه رشد کامل گیاه

را فراهم کند. در نتیجه گسترش سطح برگ متوقف شده و گیاه به مرور زمان ضعیف می‌شود. در مطالعه رقابت خردل با کلزا مشخص شد که شاخص سطح برگ یکی از معیارهای اساسی و مهم در تعیین قدرت فتوسنتزی گیاه محسوب می‌گردد و مشابه بودن تغییرات عملکرد با روند تغییر شاخص سطح برگ، ممکن است مؤید تاثیر کاهش سطح برگ بر عملکرد کلزا در تراکم‌های بالای خردل باشد (Abtali *et al*., 2006).

در پژوهشی که روی گندم انجام شد نتایج نشان داد که با افزایش تراکم خردل وحشی شاخص سطح برگ کاهش یافت. علت کاهش شاخص سطح برگ گندم در رقابت با یولاف وحشی را به سریع‌تر بسته شدن کانوپی علف هرز و همچنین نحوه توسعه برگ‌های یولاف وحشی نسبت دادند که مانع نفوذ نور به درون کانوپی گیاه زراعی شده و در نتیجه، ریزش برگ‌های پایین بوته و کاهش شاخص سطح برگ را به دنبال دارد (Van Acker, 1992). علاوه بر عدم امکان نفوذ نور، اثرات آللوپاتیک خردل برگندم از عوامل مهم کاهش سطح برگ گندم در رقابت با خردل می‌باشد (Rezvani, 2014).

شاخص سطح برگ علف هرز خردل وحشی

نتایج جدول ۴ نشان داد اثر تراکم در مرحله ۱۵۰ و ۱۶۵ و ۱۸۰ روز پس از سبز شدن روی شاخص سطح برگ خردل وحشی در سطح یک درصد معنی‌دار شد.

جدول ٤- نتایج تجزیه واریانس سطوح مختلف فسفر و تراکم بر شاخص سطح برگ خردل وحشی

Table 4- The results of analysis of variance of different levels of phosphorus and density on the leaf area index of the mustard plant

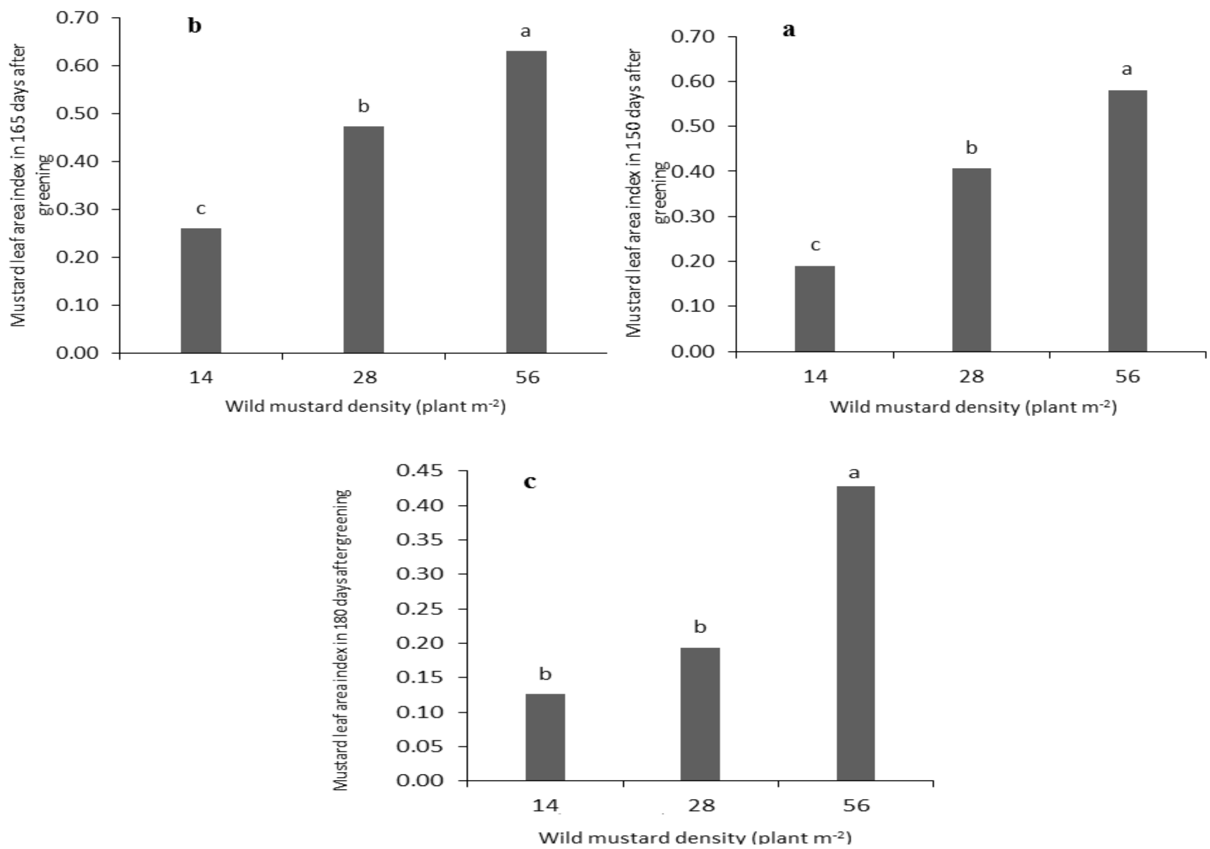
S.O.V	df	days after emergence				
		150	165	180	195	210
Replication (R)	2	0.058 ns	0.079 ns	0.156 ns	0.0009 ns	0.0003 ns
Phosphorus	3	0.016 ns	0.080 ns	0.037 ns	0.0003 ns	0.0001 ns
Main plot error	6	0.110 ns	0.135 ns	0.105 ns	0.0006 ns	0.0001 ns
Density	3	0.459**	0.412**	0.299**	0.0009 ns	0.0004 ns
P×D	9	0.030 ns	0.010 ns	0.030 ns	0.0007 ns	0.00007 ns
Sub Plot	24	0.022 ns	0.024 ns	0.026 ns	0.0007 ns	0.00008 ns
c.v (%)		18.14 ns	14.05 ns	15.20 ns	17.14 ns	20.54 ns

* and ** and ns are respectively significant at the probability level of five and one percent and non-significant.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین میزان شاخص سطح برگ خردل وحشی در مرحله اول اندازه‌گیری (۰/۵۸) از تیمار تراکم ۵۶ بوته در متر مربع به‌دست آمد و کمترین میزان این شاخص در مرحله اول (۰/۱۹) از تراکم ۱۴ بوته در متر مربع مشاهده شد (شکل ۴-الف). بیشترین میزان شاخص سطح برگ خردل وحشی در مرحله دوم (۰/۶۳) از تراکم ۵۶ بوته خردل وحشی در متر مربع بوده و کمترین میزان این شاخص در این مرحله (۰/۲۶) از تراکم ۱۴ بوته حاصل شد (شکل ۴-ب). مقایسه میانگین‌ها نشان داد روند تغییرات شاخص سطح برگ بوته مانند مراحل قبلی بوده و بیشترین میزان این شاخص در مرحله سوم نیز در تراکم ۵۶ بوته (۰/۴۳) حاصل شد و کمترین میزان این شاخص (۰/۱۳) از تیمار ۱۴ بوته به‌دست آمد که با تیمار ۲۸ بوته در متر مربع در یک گروه آماری قرار گرفت (شکل ۴-ج).

در شرایط تراکم بیش از حد مطلوب به علت رقابت شدید بین بوته‌ای، گیاه قادر نخواهد بود که کربوهیدرات مورد نیاز برای ادامه رشد کامل گیاه را فراهم کند. در نتیجه گسترش سطح برگ متوقف شده و بقیه گیاه به مرور زمان ضعیف می‌شود.

در مطالعه رقابت خردل با کلزا مشخص شد که شاخص سطح برگ یکی از معیارهای اساسی و مهم در تعیین قدرت فتوسنتزی گیاه محسوب می‌گردد و مشابه بودن تغییرات عملکرد با روند تغییر شاخص سطح برگ، ممکن است مؤید تأثیر کاهش سطح برگ بر عملکرد کلزا در تراکم‌های بالای خردل وحشی باشد (Abtali *et al*., 2006). در تحقیقی دیگر علت کاهش شاخص سطح برگ گندم در رقابت با یولاف وحشی را به سریعتر بسته شدن سایه انداز علف‌هرز و هم چنین نحوه توسعه برگ‌های یولاف وحشی نسبت دادند که مانع نفوذ نور به درون سایه‌انداز گیاه زراعی شد و در نتیجه، ریزش برگ‌های پایین بوته و کاهش شاخص سطح برگ را به دنبال داشت. علاوه بر عدم امکان نفوذ نور، اثرات دگرآسیبی خردل وحشی بر گندم نیز از عوامل مهم کاهش سطح برگ گندم در نتیجه رقابت با خردل وحشی گزارش شده است.



شکل ٤- اثر تراکم خردل وحشی بر روند تغییرات شاخص سطح برگ ۱۵۰ روز پس سبز شدن (الف)، ١٦٥ روز پس از سبز شدن (ب)، ۱۸۰ روز پس از سبز شدن (ج)

میانگین‌های با حروف مشابه تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر مبنای آزمون LSD ندارند.

Figure 4- The effect of Wild mustard density on the changes in leaf area index in different stages of measurement (A: 150 days after greening (B: 165 days after greening) (C: 180 days after greening)

Similar letters above columns indicate a non-significant difference at the 5% probability level based on the LSD test.

ارتفاع بوته گلرنگ

نتایج این آزمایش نشان داد هیچ کدام از اثرات اصلی و برهمکنش آن‌ها روی ارتفاع بوته گیاه گلرنگ معنی‌دار نشد. در تحقیقی مشابه نیز نشان داده شد که سطوح متفاوت مصرف کود فسفر روی ارتفاع ارقام مورد مطالعه گلرنگ منجر به تفاوت معنی‌داری نگردید که می‌تواند ناشی از اختلاف ژنتیکی اثر کود بر روی این خصوصیت در ارقام مختلف باشد (Sofy *et al.*, 2020).

اعتقاد بر این است که نوع واکنش ارتفاع گیاه زراعی به رقابت با علف‌های هرز، به تراکم و نوع علف هرز مرتبط است و می‌تواند مثبت یا منفی باشد. در برخی از گیاهان ارتفاع بلندتر گیاه در اثر داشتن محور گل‌آذین بلندتر و یا به عبارتی داشتن تعداد بالقوه گل بیشتری روی گل آذین ساقه حاصل می‌شود. به طور کلی داشتن ساقه طویل‌تر به معنی داشتن سطح فتوسنتز کننده بیشتر و تولید مواد متابولیکی بیشتر برای پر کردن دانه‌ها می‌باشد، چرا که ریزش برگ‌ها در مرحله پرشدن دانه باعث می‌شود که بخشی از فتوسنتز گیاه توسط ساقه‌ها انجام شود.

ارتفاع بوته خردل وحشی

اثر اصلی تراکم روی ارتفاع بوته گیاه خردل وحشی در تمامی مراحل اندازه‌گیری به‌جز یک مرحله (۱۸۰ روز پس از سبز شدن) معنی‌دار شد. با توجه به شکل ۵ روند تغییرات ارتفاع خردل وحشی در

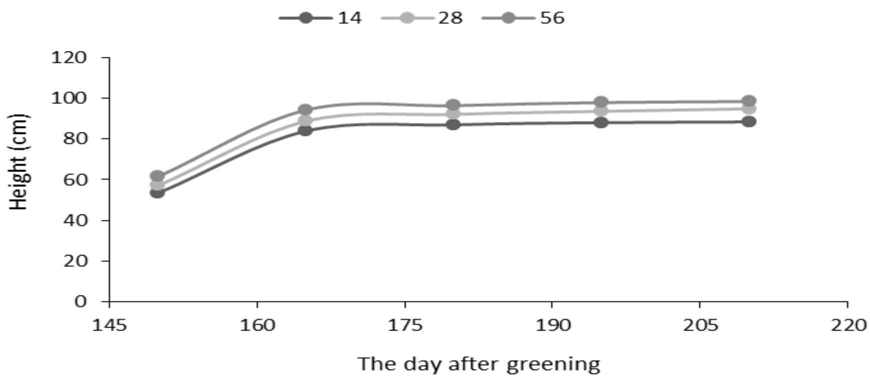
تراکم‌های مختلف از یک روند مشابه پیروی کرده است. ابتدا سرعت افزایش ارتفاع روند صعودی ناگهانی داشته و سپس از مرحله ۱۶۵ روز پس از سبز شدن به بعد این افزایش ارتفاع شیب ملایم و نسبتاً کمی داشته است. در این بین برترین تیمار تراکم ۵۶ بوته خردل در متر مربع بوده که در تمامی مراحل بیشترین ارتفاع را در تمام طول دوره‌ی رشد داشته است (شکل ۵). برخی از محققان عقیده دارند که رقابت علف‌های هرز در مراحل اولیه رشد می‌تواند موجب افزایش ارتفاع گیاه گردد (Beckie *et al*., 2008). این موضوع که به‌دلیل تغییر کیفیت نور رسیده به گیاه زراعی (کاهش نسبت نور قرمز به نور قرمز دور) و نیز از طریق افزایش اندازه سلول‌ها (نه مقدار آنها) صورت می‌گیرد، جز مکانیزم‌های گریز از سایه محسوب می‌شود. در تحقیقی گزارش شد که ارتفاع بیشتر و گستردگی سطح برگ خردل وحشی سبب می‌شود نور جذب شده توسط گیاه گندم کمتر شده و در مقایسه با تیمار بدون علف هرز مقدار بیشتری از نور در لایه‌های بالاتر جذب شود. به‌طوری که در سایه‌انداز گندم نسبت نور در زیر سایه‌انداز به نور در بالای سایه انداز به میزان ۵۷ درصد کاهش نشان داد (Abtali *et al*., 2006). از طرف دیگر کیفیت نور ورودی به سایه‌انداز نیز تحت تأثیر قرار گرفت و در شرایط رقابت گندم با خردل وحشی، نور قرمز به قرمز دور کاهش معنی‌داری را نشان داد.

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس سطوح مختلف فسفر و تراکم بر ارتفاع خردل

Table 5- The results of variance analysis of different levels of phosphorus and density in mustard altitude

S.O.V	df	Days after emergence				
		150	165	180	195	210
Replication (R)	2	23.95 ns	429 ns	509 ns	508 ns	462ns
Phosphorus	3	73.29 ns	208 ns	199 ns	185ns	*197
Main plot error	6	179 ns	643 ns	588 ns	604 ns	612 ns
Density	2	197 **	322**	269 ns	293 *	309*
P×D	6	77.40 ns	145 ns	171ns	149 ns	153 ns
The second error	16	42.53 ns	66.82 ns	74.73 ns	68.73 ns	73.59 ns
c.v (%)		11.46ns	9.18 ns	9.41 ns	8.89ns	9.13 ns

* and ** and ns are respectively significant at the probability level of five and one percent and non-significant.



شکل ۵- اثر تراکم خردل وحشی بر روند تغییرات ارتفاع بوته در مراحل مختلف رشد

Figure 5- Scatter diagram of the effect of density on the trend of changes in the height of the mustard plant in different stages of measurement

صفات عملکردی گلرنگ

با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس اثر تراکم بر وزن تک

طبق گلرنگ و وزن بذر در طبق گلرنگ در سطح پنج درصد معنی‌دار شد، اما اثر فسفر و اثر متقابل تـراکم و فسـفر بـر وزن بوتـه در متـر مربع، وزن تک بوته، وزن طبق در متر مربع، تعداد طبق در متر مربع، تعداد طبق در بوته و عملکرد دانه معنی‌دار نشد (جدول ۶).

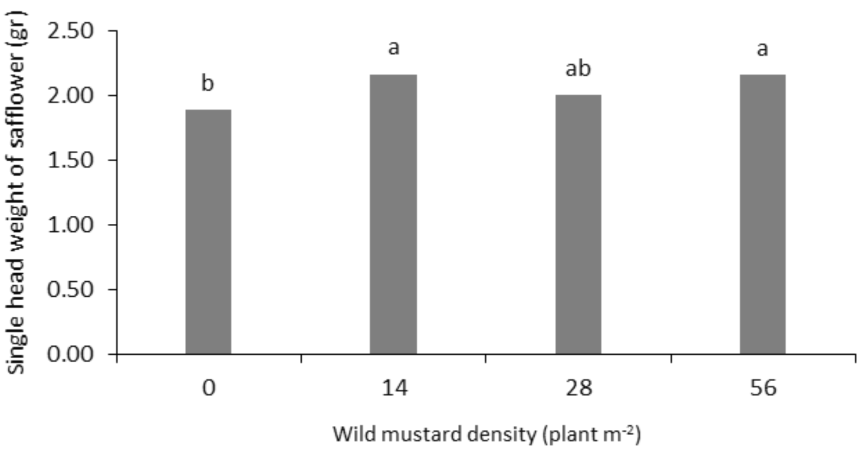
جدول ٦- نتایج تجزیه واریانس سطوح مختلف فسفر و تراکم خردل بر برخی صفات زراعی گلرنگ

Table 6- The results of analysis of variance of different levels of phosphorus and density of mustard on some agronomic traits of safflower

	df	Single head weight	Seed weight per head	Grain yield
Replication (R)	2	0.04 ns	0.02 ns	505019 ns
Phosphorus	3	0.18 ns	0.05 ns	19938 ns
Main plot error	6	0.34 ns	0.13 ns	119378 ns
Density	3	0.21*	0.05*	81098 ns
P×D	9	0.8 ns	0.03 ns	99999 ns
Sub Plot	24	0.07 ns	0.01 ns	70442 ns
c.v (%)		12.80	12.28	14.43

* and ** and ns are respectively significant at the probability level of five and one percent and non-significant.

بیشترین وزن تک طبق از تراکم ۱۴ بوته خردل وحشی در متـر مربع با ۲/۱۷ گرم و کمترین وزن تک طبق بـا ۱/۸۹ گـرم از تیمـار شاهد تراکم علف هرز حاصل گردید (شکل ۶). در پژوهشی کـه اثـر رقابت کلزا و خردل وحشی مورد بررسی قرار گرفت، نتـایج حـاکی از کـاهش تعـداد دانـه در خورجین با ورود علف هـرز خـردل وحشـی بود. دلیل این موضوع ارتفـاع بیشتر خـردل وحشی نسبت بـه کلـزا و بـه دنبـال آن افزایش سـایه‌انـدازی علـف هـرز، کـاهش کـارآیی فتوسـنتز در کلـزا و درنتیجـه کـاهش قــدرت رقابــت در دریافــت نـور، مواد غذایی و تخصیص آسیمیلات بـه انـدام‌هـای زایشی گیـاه زراعی بوده است. برای حفظ تعادل بین میزان مـواد تولیدی منبـع و میزان مصـرف مـواد مخـزن، تعـدادی از گـل‌هـا ریـزش نمـوده و یا اینـکـه بـه‌دلیـل کمبـود مـواد فتوسـنتزی تلقـیح بـه‌طـور کامـل صورت نمی‌گیرد. در نتیجه با افزایش تراکم، علف هرز در رقابـت بـا گیاه زراعی برنده شده است (Abbas Dokht, 2012).



شکل ٦- اثر تراکم خردل وحشی بر وزن تک طبق گلرنگ

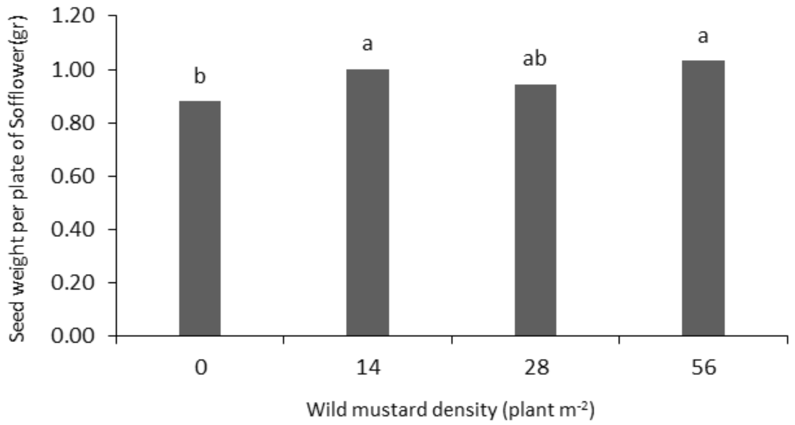
میانگین‌های با حروف مشابه تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر مبنای آزمون LSD ندارند.

Figure 6- The effect of mustard density on weight of Single head weight of safflower

Similar letters above columns indicate a non-significant difference at the 5% probability level based on the LSD test.

بیشترین وزن بذر گلرنگ در طبق (۱/۰۳ گرم) از تراکم ۵۶ بوته خردل در متر مربع به‌دست آمد که با سایر تـراکم‌هـا در یـک گـروه آماری از لحاظ معنی‌دار قرار گرفت و کمترین میزان وزن بذر گلرنگ با ۰/۸۸ گرم از تیمار شاهد تراکم (عدم وجود بوتـه خـردل مشـاهده

گردید. اختلاف بین این دو تیمار ۱۷ درصد بود (شکل ۷). یکـی از مواردی که نقش مهمی در تولید ماده خشک دارد و عملکرد زراعـی دارد افزایش شاخص سطح برگ می‌باشد. شرط اول افزایش عملکـرد و تولید بالا را در نتیجه بهینه‌سازی جذب از طریـق شـاخص سـطح برگ و کارایی مصرف نور دانسته است. به عبارتی دیگر اگر یک گیاه بتواند ضمن دریافت نور بیشتر، آن را با ضریب بالاتری بـه بیومـاس تبـدیل کنـد، در تولیـد بیومـاس و عملکـرد موفـق ترخواهـد بـود (Blackshaw *et al*., 2008). این ویژگی گلرنگ را بـه‌طـور معنـی داری تحت تأثیر تیمار کود فسفر دانسته و بین این ویژگی و عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری گزارش نمودند (Sofy, 2020).



شکل ۷- اثر تراکم خردل وحشی بر وزن بذر در طبق گلرنگ

میانگین‌های با حروف مشابه تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر مبنای آزمون LSD ندارند.

Figure 7- The effect of mustard density on seed weight according to safflower (gr)

Similar letters above columns indicate a non-significant difference at the 5% probability level based on the LSD test.

صفات عملکردی خردل وحشی

با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس، اثر فسفر بر وزن تک غلاف در خردل وحشی در سطح یک درصد و اثر تراکم بر مـاده خشـک در واحـد سطح، وزن تک بوته، وزن غلاف در متر مربع، تعداد غلاف در متر مربع، تعداد غلاف در بوته، وزن غلاف در بوته و وزن بذر در بوته در سـطح یـک درصد معنی‌دار شد. هم‌چنین برهمکنش اثر فسفر و تراکم موجب معنی‌داری وزن غلاف در متر مربع در سطح یک درصد شد (جدول ۷).

جدول ۷- نتایج تجزیه واریانس سطوح مختلف فسفر و تراکم بر برخی صفات عملکردی و اجزای عملکرد خردل

Table 7- Results of variance analysis of different levels of phosphorus and density on some functional traits and yield components of mustard

S.O.V	df	Dry matter per unit area(g)	Single plant weight	Seed weight /m^2	Pod weight /m^2	Pod number/m^2	Pod number per plant	Single pod weight	Weight per plant (g)	Seed weight per plant(g)
Replication (R)	2	680 ns	1.42 ns	35.02 ns	183 ns	48849 ns	120 ns	0.0002 ns	0.47 ns	0.07 ns
Phosphorus	3	1028 ns	0.94 ns	27.08 ns	137 ns	65807 ns	92.93 ns	0.0011**	0.13 ns	0.05 ns
First error	6	2295 ns	3.70 ns	62.11 ns	205 ns	29161 ns	43.11 ns	0.0001 ns	0.37 ns	0.12 ns
Density	2	6802**	56.98**	33.58 ns	672**	183611**	311**	0.0004 ns	2.30**	0.44**
P×D	6	1469 ns	1.05 ns	12.38 ns	118**	20511 ns	33.08 ns	0.0002 ns	0.13 ns	0.04 ns
The second error	16	539 ns	1.03 ns	11.19 ns	43.16 ns	9516 ns	21.44 ns	0.0003 ns	0.13 ns	0.04 ns
c.v (%)		19.08 ns	21.49 ns	33.12 ns	23.38 ns	25.47 ns	13.49 ns	21.08 ns	15.34 ns	5.03 ns

* and ** and ns are respectively significant at the probability level of five and one percent and non-significant.

با افزایش تراکم خردل وحشی وزن تک بوته، تعداد غلاف در بوته، وزن غلاف در بوته و وزن بذر در بوته کاهش یافت. تاثیر این افزایش تراکم بر ماده خشک در واحد سطح و تعداد غلاف در مترمربع خردل وحشی افزایشی بود.

جدول ۸- بررسی مقایسه میانگین اثر تراکم بر صفات عملکردی گیاه خردل

Table 8- Comparison of the average effect of density on functional traits of mustard plant

	Density		
Characteristics	14	28	56
Dry matter per unit area (g)	97.12^{c}	120^{b}	144^{a}
Single plant weight (g)	6.94^{a}	4.21^{b}	2.58^{c}
Pod number/m^2	270^{c}	390^{b}	515^{a}
Pod number per plant	19.28^{a}	13.1^{b}	9.20^{b}
Pod weight per plant (g)	1.51^{a}	1.12^{b}	0.64^{c}
Seed weight per plant (g)	0.59 ^{a}	0.35 ^{b}	0.21^{c}

In each row and for each trait, different letters indicate a significant difference at the %5 probability level with the LSD test.

از دلایل موفقیت علف‌هرز خردل وحشی در رقابت با گیاه زراعی گلرنگ می‌توان به رفتار رشد نامحدود و دستیابی به ارتفاع بلندتر و شاخص سطح برگ و تجمع ماده خشک بیشتر اوایل رشد اشاره کرد که باعث می‌شود خردل وحشی دارای پتانسیل رقابت بسیار بالایی در برابر گلرنگ برای جذب منابع مورد نیاز برای رشد باشد. به نظر می‌رسد رقابت خردل وحشی در مرحله رشد رویشی، از طریق سایه اندازی روی گلرنگ و تشدید رقابت برای نور منجر به کاهش وزن و تعداد دانه و نهایتاً کاهش عملکرد دانه در گلرنگ می‌گردد. در مورد رقابت برنج و سورف نیز برخی از محققین به نتایج مشابه دست یافتند (Aminpanah *et al*., 2008). در آزمایشی قابلیت رقابت ارقام مختلف گندم در برابر علف‌هرز یولاف وحشی مورد بررسی قرار گرفت و مشخص گردید که عملکرد ارقام گندم در کرت‌های مخلوط با علف‌هرز کاهش یافته و این کاهش در ارقام مختلف متفاوت است (VanAcker *et al*., 2004).

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج بدست آمده، افزایش تراکم خردل وحشی سبب کاهش وزن خشک گیاه گلرنگ می‌گردد. این موضوع نشان می‌دهد که در تراکم‌های بالاتر علف‌هرز، خردل وحشی در رقابت با گلرنگ موفق بوده و تأثیر زیادی در کاهش وزن خشک گیاه گلرنگ داشته است، اما تغییر در مدیریت و استفاده از کود فسفر به‌عنوان یک راهکار زراعی می‌تواند در کاهش افت ایجاد شده ناشی از حضور علف هرز با تراکم بالا مؤثر باشد. کود فسفر از طریق بهبود ویژگی‌های رشدی می‌تواند در طول فصل رشد موجب افزایش توانایی تحمل رقابتی گلرنگ با خردل وحشی در تراکم‌های مختلف علف‌هرز شود. ارتفاع گیاه و شاخص سطح برگ خردل در شرایط تراکم بالاتر در همه مراحل رشد بیشترین مقدار بوده و نشان‌دهنده رقابت‌پذیری علف‌هرز می‌باشد. هر چه تراکم خردل وحشی بالاتر رفته ارتفاع گیاه و شاخص سطح برگ این علف‌هرز نیز بیشتر شده است. بر اساس نتایج این تحقیق، مصرف ۲۵ کیلوگرم در هکتار فسفر در شرایط عدم حضور خردل وحشی بهترین شرایط برای رشد گلرنگ می‌باشد.

References

1. Abbas Dokht, H. (2012). Ecophysiological study of the competition between *Amaranthus retroflexus* L. and soybean (*Glycine max* L.). Ph.D. thesis on Crop Ecology. University of Tehran. 205 p. (In Persian)
2. Abtali, Y., Baghestani, M.A., Mirhadi M.J., & Ramee, A. (2016). Evaluation and determination of competitive strength between rapeseed and wild mustard. Master's Thesis in Weed Science, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran. P. 98. (In Persian)
3. Ahmadpour Abnavi, S., Ramroudi, M., & Galavi, M. (2019). Effect of biological and chemical phosphorus fertilizer on yield and yield components of safflower (*Carthmous tinctorius* L.) under low irrigation condition. *Agricultural Science and Sustainable Production*, *29*(1), 269-284. (In Persian)
4. Aminpanah, H., Sorooshzadeh, A., Zand, E., & Momeni, A. (2009). Investigation of light extinction coefficient and canopy structure of more and less competitiveness of rice cultivars (*Oryza sativa*) against barnyard grass (*Echinochloa crus-galli*). *Crop Production*, *2*(3), 69-84. (In Persian). https://dorl.net/dor/20.1001.1.2008739.1388.2.3.5.7
5. Beckie, H.J., Blackshaw, E.N.R.E., & Gan, Y. (2008). Weed suppression by canola and mustard cultivars.

Weed Technology, *22*(1),182-185. https://doi.org/10.1614/WT-07-126.1
6. BlackShaw, R.E. (2001). Downy brome (*Bromus tectorum*) density and relative time of emergence effects interference in winter wheat (*Triticum aestivum*). *Weed Science*, *41*, 551-556. https://doi.org/10.1017/S004317450007630X
7. Blackshaw, R.E., & Brandt, R.N. (2008). Nitrogen fertilizer rate effects on weed competitiveness is species dependent. *Weed Science*, *56*, 743-747. https://doi.org/10.1614/WS-08-065.1
8. Blakshaw, R.E., Molnar, L.J., & Janzen, H.H. (2004). Nitrogen fertilizer timing and application method affect weed growth and competition with spring wheat. *Weed Science*, *52*, 614-622. https://doi.org/10.1614/WS-03-104R
9. Bonyadi, M., Yadvi, A., Mohadi Dehnavi M., & Fallah Heki, M.H. (2018). Determining the critical period of autumn safflower weed control (*Carthamus tinctorius* L.) in Yasouj. *Journal of Agroecology*, *3*(4), 419-429. (In Persian). https://doi.org/10.22067/jag.v3i4.13570
10. Clements, D., DiTommaso, A., & Hyvönen, T. (2014). Ecology and management of weeds in a changing climate. p.13-47. In: Chauhan, B., Mahajan, G. (eds) *Recent Advances in Weed Management*. Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-1019-9_2
11. Fayaznia, F., Siahpoosh, A.R., Moraditelavat, M.R., Siadat A.S., & Bakhshandeh, A.M. (2014). *Interaction of plant density with nutrients on competition between wheat (Triticum aestivum L.) and weeds*. In the 6th Iranian Weed Science Conference. (Vol. 6, p. 910) (In Persian)
12. Foroughi, A., Gerekhloo, J., & Ghadrifar, F. (2014). Evaluation of competitive ability in two sesame (*Sesamum indicum* L.) cultivars with cocklebur (*Xanthium strumarium* L.) in different crop row spacing. *Crop Production*, *8*(3), 19-40. (In Persian). https://dorl.net/dor/20.1001.1.2008739.1394.8.3.2.6
13. Hamidi, R., Mazaheri, D., Rahimian, & Alizadeh, H.M. (2009). *Growth response of winter wheat (Triticum aestivum L.) and wild barley (Hordeum spontanerum Koch) to nitrogen using additive method*. In the 11th Iranian Crop Science Congress. (Vol. 11, p. 5004). (In Persian).
14. Heydarian Ardakani, H., Haj SeyedHadi, S.M.R., Nabavi Kalat, S.M., & Shamsi Mahmoodabadi, H. (2009). *Investigating the structure of the sunflower canopy in the conditions of competition with amarnth (Amaranthus retroflexus) weed*. In the 11th Iranian Crop Science Congress. (Vol. 11, p. 5004). (In Persian)
15. Heydarian Ardakani, H., Haj SeyedHadi, S.M.R., Nabavi Kalat, S.M., & Shamsi Mahmoodabadi, H. (2010). *Investigating the trend of yield and yield components changes of different sunflower cultivars under the conditions of competition with amarnth weed (Amaranthus retroflexus*). In National Conference of Water, Soil, Plant and Agricultural Mechanization Sciences. Dezful, Iran. (Vol. 1, p. 425). (In Persian)
16. J. da Silva, C., da Silva, A.C., Zoz, T., Victor. B., Toppa, E., Silva, P.B., & Zanotto, M.D. (2015). Genetic divergence among accessions of *Carthamus tinctorius* L. by morphoagronomic traits. *African Journal of Agricultural Research*, *10*(25), 4825-4830.
17. Khodamoradi, M., Sarajuoghi, M., & Mohammadi, A.A. (2014). *Investigating the effects of different levels of phosphorus on vegetative traits and yield of safflower cultivars under irrigated conditions*. In National Conference on Climate Change and Engineering Sustainable Development of Agriculture and Natural Resources. Hamedan, Iran. (Vol. 1, p. 2389). (In Persian)
18. Kristensen, L., Olsen, J., & Winer, J. (2008). Crop density, sowing pattern, and nitrogen fertilization effects on weed suppression and yield in spring wheat. *Weed Science*, *56*, 97-102. https://doi.org/10.1614/ws-07-065.1
19. MacMullan, P.M., Daun, J.K., & DeClerq, D.R. (1994). Effect of wild mustard (*Brassica kaber*) competition on yield and quality of triazine-tolerance and triazine susceptible canola (*Brassica napus* and *Brassica rapa*). *Canadian Journal of Plant Science*, *74*, 369-374. https://doi.org/10.4141/cjps94-071
20. Minbashi Moeini, M., Baghestani, M., Rahimian Mashhadi, H., & Aleefard, M. (2008). Weed mapping for irrigated wheat fields of Tehran province using Geographic Information System (GIS). *Iranian Weed Research Journal*, *4*(1), 97-118. (In Persian)
21. Motaghi, S., Mostafavi, K., Lotfifar, O., & Mirtahari, S.M. (2016). Study the vigour and early growth of resistant and susceptible biotypes of wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) to acetolactate synthase inhibitors under different environmental conditions. *Journal of Weed Research*, *8*(2), 15-33. (In Persian)
22. Nazir, M., Arif, S., Ahmed, I., & Khalid, N. (2021). Safflower (*Carthamus tinctorius*) seed. p. 427–453. In: Tanwar, B., Goyal, A. (eds) *Oilseeds: Health Attributes and Food Applications*. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-4194-0_17
23. Nogales-Delgado, S., Encinar, J.M., & González, J.F. (2019). Safflower biodiesel: Improvement of its oxidative stability by using BHA and TBHQ. *Energies*, *12*(10), 1-13. https://doi.org/10.3390/en12101940
24. Pawar, R.K. (2009). *Weed management*. Oxford book company. Jaipur. India. 300p.
25. Rastgoo, M., Ghanbari, A., Banayan, M., & Rahimian, H. (2000). Investigating the growth indices of wild

mustard (*Sinapis arvensis*) and autumn wheat in response to the amount and time of nitrogen application. *Scientific Journal of Agriculture*, *27*(1), 51-63. (In Persian)

26. Rezvani, H., Asghari, J., Ehteshami, S.M.R., & Kamkar, B. (2014). Investigation of light use efficiency and light extinction coefficient of wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars in competition with wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) at Gorgan. *Journal of Plant Process and Function, 3*(8), 97-109. (In Persian). http://dorl.net/dor/20.1001.1.23222727.1393.3.8.3.8
27. Rodriguez, D., Zubillaga, M.M., Ploschuck, E., Keltjens, W., Goudriaan, J., & Lavado, R. (1998). Leaf area expansion and assimilate prediction in sunflower growing under low phosphorus conditions. *Plant and Soil*, *202*, 133–147. https://doi.org/10.1023/A:1004348702697
28. Safahani Langeroudi, A.R., & Kamkar, B. (2009). Field screening of canola (*Brassica napus*) cultivars against wild mustard (*Sinapis arvensis*) using competition indices and some empirical yield loss models in Golestan province, Iran. *Crop Protection*, *28*, 577–582. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2009.03.007
29. Sarhadi Nasab, S., & Sarhadhi Nasab, M. (2017). *Safflower, a multi-purpose plant for the development of agriculture in low water areas*. In The 4th International Conference on New Findings in Agricultural Science,Natural Resources and the Environment. Tehran, Iran (Vol. 4, p. 3643). (In Persian).
30. Sarmadnia, G.H., & Kochaki, A. (1994). *Crop Physiology*. Mashhad Jihad Daneshgahi press. (In Persian)
31. Sofy, S.O., Hama, S.J., & Hamma-Umin, B.O. (2020). Influence of phosphorus fertilizer on yield and oil of safflower (*Carthamus tinctorius*) varieties under rain fed condition. *Applied of Ecology and Environmental Research*, *18*(2), 3409-3418. https://doi.org/10.15666/aeer/1802_34093418
32. Van Acker, S.F. (1992). The critical period of weed control in soybean (*Glycine max* L.) and influence of weed interference on soybean growth. M.Sc. Thesis. University of Guelph. pp. 104.
33. Warwick, S.I., Beckie, H.J., Thomas, A.G., & McDonald, T. (2005). The biology of Canadian weeds. 8. *Sinapis arvensis*. L. (updated). *Canadian Journal of Plant Science*, *80*(4), 939-961. https://doi.org/10.4141/P99-139
34. Wright, K.J., Seavers, G.P., Peters, N.C.B., & Marshall, M.A. (1999). Influence of soil moisture on the competitive ability and seed dormancy of *Sinapis arvensis* in spring wheat. *Weed Research*, *39*, 309-317. https://doi.org/10.1046/j.1365-3180.1999.00147.x
35. Zand, A., Koocheki, A., & Nassiri Mohallati, M. (2003). Canopy structure changes in some Iranian bread wheat. *Journal of Agricultural Knowledge*, *13*, 13-26. (In Persian)